

продуктов. Руководство по применению СТБ ИСО 22000», СТБ ISO/TS 22003-2009 «Системы менеджмента безопасности пищевых продуктов. Требования к органам, проводящим аудит и сертификацию систем менеджмента безопасности пищевых продуктов», СТБ ISO 22005-2009 «Прослеживаемость в кормовой и пищевой цепи. Общие принципы и основные требования к разработке и внедрению системы».

Внедрение систем менеджмента безопасности пищевых продуктов в соответствии с требованиями ISO 22000, безусловно, не простая задача. Организации, планирующие внедрение систем менеджмента безопасности пищевых продуктов, думают на перспективу, так как возрастающая глобализация и координация международной торговли, в самом ближайшем будущем потребует от производителей пищевых продуктов обязательную разработку и реализацию программ и процедур безопасности пищевых продуктов, основанных на международных требованиях.

Сегодня в реестре Национальной системы подтверждения соответствия Республике Беларусь насчитывается 30 организаций, имеющих сертификаты соответствия требованиям СТБ ИСО 22000-2006

Внедрение и сертификация системы НАССР и системы менеджмента безопасности пищевых (далее – СМБПП) продуктов в соответствии с требованиями ISO 22000 на предприятиях Республики Беларусь позволит повысить уровень безопасности и качества выпускаемой пищевой продукцией за счет проведения полномасштабной модернизации и реконструкции пищевых предприятий, изучению лучших практик и опыта по созданию условий для производства безопасной продукции, внедрения стандартов, устанавливающих требования к системам менеджмента.

Внедрение и сертификация системы НАССР и СМБПП на пищевых предприятиях Республики Беларусь позволило: провести техническое переоснащение организаций; повысить профессиональную подготовку персонала всех уровней; изменить сознание персонала, существенно повысить культуру производства; реально повысить безопасность пищевой продукции и, как следствие, снизить риск для здоровья нации; оперативно реагировать на возникшие проблемы; выстроить взаимовыгодные взаимоотношения с поставщиками сырья и компонентов; разработать внутренние документы управления процессами производства; повысить ответственность всех участников процесса производства; повысить доверие потребителей; предотвратить риски благодаря независимой оценке системы менеджмента при сертификации.

Все это позволило обеспечить расширение экспортных возможностей, - возможность выхода на новые рынки сбыта (в 2012 году четыре белорусских предприятия прошли экспертизу Еврокомиссии и получили разрешение на экспорт продовольственной продукции в Европейский Союз: ОАО «Савушкин продукт», ОАО «Березовский сыродельный комбинат», ОАО «Верхнедвинский маслосырзавод», СП «Санта Бремор»)

Без системы пищевой безопасности, без реального ее воплощения в практику, достаточно сложно будет добиться истинной безопасности выпускаемой пищевой продукции. Совершенствование качества - это постоянный процесс, и им должна управлять хорошо организованная система, стратегией которой является распространение современных систем менеджмента на все структурные подразделения, а тактикой - сочетание новой прогрессивной технологии с профессиональной подготовкой персонала.

УДК 621.317

### **КОНТРОЛЬ ВЛАЖНОСТИ МАТЕРИАЛОВ ПЕРЕМЕННОЙ ПЛОТНОСТИ СВЧ-АКУСТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ**

*Лисовский В.В., канд. техн. наук, доцент*

*(Белорусский государственный аграрный технический университет, Минск)*

Как правило в микроволновой влагометрии промышленных и сельскохозяйственных материалов используют одно- и двухпараметровых методы измерения, ввиду их

относительной простоты. Эти методы основаны на измерении одной или двух величин, характеризующих определенные параметры электромагнитного поля, функционально связанные с влажностью, плотностью, температурой материала, концентрацией солей и другими, как правило, менее значимыми характеристиками.

В [1] было показано, что на параметр преобразования в СВЧ-методах в первую очередь оказывает влияние влажность и лишь затем плотность (коэффициент заполнения) и температура. Если влияние температуры можно уменьшить до допустимых пределов введением автоматической температурной коррекции, либо выбором рабочей частоты, то влиянием переменной плотности, особенно при поточных измерениях, пренебречь невозможно. Частично эта задача решается в двухпараметровых СВЧ-влажномерах, а также при измерении А-, В- и С-параметров теоретически зависящих только от влажности (при автоматической температурной коррекции) [1,2]. Однако, в ряде случаев наблюдается неоднозначность в определении влажности материалов переменной плотности по А-параметру, особенно в области высоких влагосодержаний [3]. Попытки применения комбинированных амплитудно-фазового метода, а также других СВЧ-методов на основе измерения В- и С-параметров также не всегда позволяют существенно повысить точность измерений влажности материала в потоке при значительных колебаниях его плотности. Например, в случаях поточных измерений влажности табака, чая, хлопка и подобных материалов.

В то же время результаты исследования ультразвукового метода измерения влажности твердых сыпучих материалов [4], показали возможность создания акустических влагомеров, однако по метрологическим характеристикам они оказались на уровне традиционных емкостных, т.к. чувствительность к влажности у акустических методов на порядок ниже чем у сверхвысокочастотных. Также как и у всех основных электрофизических устройств контроля влажности, амплитудные и амплитудно-фазовые ультразвуковые влагомеры показали значительную зависимость от плотности и температуры. Причем в отличие от СВЧ-методов чувствительность к изменению плотности у акустических методов оказалась на порядок выше чем чувствительность к влажности. Это обстоятельство подсказало идею создания комбинированного СВЧ - акустического метода измерения влажности материалов переменной плотности [5].

Сущность предлагаемого способа заключается в измерении влажности, например, табака на основе резонаторного двухпараметрического метода с коррекцией по плотности, путем введения коэффициентов  $k_1$  и  $k_2$ , получаемых на основе измерения амплитуды  $\Delta U$  и фазы  $\Delta \tau$  акустической волны, прошедшей через данный материал.

Т.е. фактически мы должны решить систему как минимум трех уравнений с тремя неизвестными:  $\Delta N = \varphi_1(W, \Phi, t)$ ,  $\Delta f = \varphi_2(W, \Phi, t)$ , а также  $\Delta U = \varphi_3(W, \Phi, t)$ ,  $\Delta \tau = \varphi_4(W, \Phi, t)$ .

Последнее выражение вносит структурную избыточность, что позволяет дополнительно повысить достоверность измерений.

В [5] приведено выражение, связывающее четыре измеряемых параметра с влажностью материала  $W$ . Оно позволяет избавиться от необходимости решения системы уравнений со структурной избыточностью:

$$W = F \left[ \frac{\exp\left(\frac{\Delta N \ln U_0 / U_1 k_1}{8,686}\right) - 1}{\Delta f} \tau_0 / \tau_1 k_2 \right], \quad (1)$$

где  $F$  – обратная функция от измеряемых параметров, связанных с влажностью;

$\Delta N$  – переходное ослабление резонатора, дБ;

$U_0$  – амплитуда напряжения зондирующего импульса пьезоприемника в отсутствие материала, мВ;

$U_1$  – амплитуда напряжения зондирующего импульса пьезоприемника прошедшего через материал, мВ;

$\tau_0$  – время прохождения зондирующего импульса в отсутствие материала, мс;

$\tau_1$  – время прохождения зондирующего импульса прошедшего через материал, мс;

$\Delta f$  – смещение частоты резонатора, ГГц;

$k_1$  и  $k_2$  – коэффициенты, являющиеся константами для данного материала.

Приведенное выражение получено на основе известного ранее из [1-3] алгоритма определения влажности для резонаторных методов:

$$A(W) = k_1 \frac{\exp(\Delta N / 8.686) - 1}{\Delta f}, \quad (2)$$

где  $k_1 = k_0 f_0 / 2Q_{н0}$ ;

$\Delta N$  - переходное ослабление резонатора;

$\Delta f$  - ход его резонансной частоты;

$Q_{н0}$  – добротность ненагруженного резонатора.

Реализован данный способ измерения в модернизированном резонаторном СВЧ-влажномере табака, основанном на измерении  $A$ -параметра [1]. Причем в диапазоне влажности табака 4...14% коррекция на изменение плотности от  $0,12 \text{ г/см}^3$  до  $0,56 \text{ г/см}^3$  не требуется. При больших влажностях вносится дополнительная коррекция на изменение плотности путем измерения параметров акустической волны прошедшей через материал. Модернизация резонатора влагомера Микрорадар 114м производилась путем установки излучателя и приемника ультразвуковых колебаний на противоположных стенках в нижней части измерительной кюветы (лабораторный вариант). При измерении влажности табака, плотность которого изменяется в пределах от  $0,1 \text{ г/см}^3$  до  $0,6 \text{ г/см}^3$  его засыпают в кювету, находящуюся в цилиндрическом резонаторе с частотой  $f_0 = 1,5 \pm 0,1$  ГГц, при этом определяем переходное ослабление  $\Delta N$  и сдвиг резонансной частоты  $\Delta f$ . В поточном варианте влагомера применен открытый цилиндрический резонатор, конструктивно связанный с формирователем потока. Диапазон изменения влажности табака в технологических процессах составляет от 5% до 30%. Для измерения влажности табака в диапазоне 5-14% лучше пользоваться соотношением (2), т.к. у комбинированного метода здесь относительно низкая чувствительность [1].

При больших влажностях резко увеличивается погрешность измерения от влияния плотности и температуры или проявляется неоднозначность в определении влажности. Аналогичное влияние температуры и плотности наблюдается и для ряда других материалов. Теория этого вопроса для влагосодержащих капиллярно-пористых материалов в СВЧ поле подробно рассмотрена в [3].

В то же время при влажности больше некоторой критической этот недостаток устраняется путем введения корректирующих коэффициентов  $\ln U_0 / U_1$ ,  $k_1$  и  $\tau_0 / \tau_1$ ,  $k_2$ , причем амплитуда зондирующего импульса  $U_0$  частотой  $100 \pm 20$  кГц принята равной 50В и стабильна во времени, а амплитуда и фаза первой отрицательной полуволны принятого сигнала измеряются специальным устройством (в лабораторном варианте это цифровой осциллограф). Значения коэффициентов  $k_1$  и  $k_2$  зависят от акустических свойств материала, так для кварцевого песка, как для модельного материала установлены  $k_1 = k_2 = 1$ , для резаного табака экспериментально (по зависимостям амплитуды  $U_1$  и времени прохождения зондирующего сигнала  $\tau_1$  от плотности при постоянных влажностях) определены средние значения коэффициентов  $k_1 = 0,132$  и  $k_2 = 2,067$ , которые и заносятся в память процессора.

Введением дополнительной информации о параметрах акустической волны (СВЧ-акустический метод) [5] за счет получения структурной избыточности в комбинированной системе получаем возможность дополнительной коррекции измерительной информации по плотности (коэффициенту заполнения) и температуре материала переменной плотности.

Параметры зондирующего импульса  $U_0$ ,  $U_1$  и  $\tau_0, \tau_1$  как раз и несут такую информацию.

Реализация обобщенного выражения (1) сравнительно легко осуществить на основе современных микропроцессорных контроллеров, а коэффициенты  $k_1$  и  $k_2$  определяются экспериментально для каждого нового материала.

Что касается обратной функции  $F$ , то вначале находится зависимость  $F(W)$ , которая с помощью процессора линеаризуется на отдельных участках (кусочно-линейная аппроксимация), а корректирующие коэффициенты  $k_1$  и  $k_2$  заносятся в память процессора.

Для случая резаного табака зависимость параметра  $F$  от влажности при температуре  $20^\circ\text{C}$  на длине волны  $\lambda = 20$  см можно аппроксимировать выражением:  $F = 0,0622 \exp 0,1042W$ , откуда  $W = 9,596929 \ln(16,077F)$ .

В заключение можно отметить, что комбинированные СВЧ-акустические методы позволяют существенно повысить точность измерения влажности материалов переменной плотности в тех случаях когда комплексирование функций преобразования на базе только микроволновых методов не приносит требуемых результатов.

#### Литература

1. Лисовский В.В. «Теория и практика сверхвысокочастотного контроля влажности сельскохозяйственных материалов» – Минск: БГАТУ, 2005.-292с.
2. Ценципер, Б.Л. Инвариантные параметры в СВЧ-влажнометрии / Б.Л. Ценципер // Методы и средства автоматического управления и контроля в сельскохозяйственном производстве. – Горки, 1995. – С. 78–87.
3. Igor Renhart, Boris Tsentsiper, Dielectric Properties of Bulk Materials and Restrictions to the Application of Two-Parameter Microwave Aquametry. 6Th International Conference on «Elektromagnetic Wave Interaction with Water and Moist Substances». –Weimar, Germany, 2005.– pp. 481–488.
4. Байлук Н.Д., Басюк Е.И., Булко М.И., Занкевич В.А., Лисовский В.В., Сизов В.Д. «Ультразвуковой метод измерения влажности зерна» // Инженерный вестник. 2008, №1.(25) – С63-67.
5. Лисовский В.В. Патент РБ № 16009 «Способ измерения влажности материалов переменной плотности». (опубл.30.06.12).

УДК 682.62.018.012

### ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОПТИМИЗИРОВАННЫХ МЕТОДИК ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЕТАЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АППАРАТА КВАЛИМЕТРИИ

*Воробьев Н.А.*<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доцент,

*Соколовский С.С.*<sup>2</sup>, канд. техн. наук, доцент, *Ильянов Р.В.*<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>Белорусский государственный аграрный технический университет, Минск;

<sup>2</sup>Белорусский национальный технический университет, Минск)

Целью работы является повышение эффективности проектирования оптимизированных методик выполнения измерений (МВИ) путем автоматизации отдельных процедур, выполняемых в ходе проектирования и квалиметрического оценивания конкурирующих вариантов МВИ.

Актуальность поставленной цели обосновывается тем, что при запуске в производство изделий в комплекс работ по подготовке производства входит и метрологическая подготовка производства. Ключевым аспектом метрологической подготовки производства является проектирование МВИ. Важность этой задачи определяется тем, что от качества разработанной методики зависит качество последующих измерений. На основании анализа